

UNMDP-FI

Carrera: Ing. Electrónica

Seminario-Taller para el Diseño de Soluciones Tecnológicas



Versión 0.3

Sebastián Allende



Contenido

<u>ACERCA DEL EQUIPO.....</u>	<u>3</u>
<u>INTEGRANTES.....</u>	<u>3</u>
<u>DIRECTOR/A.....</u>	<u>3</u>
<u>CO-DIRECTOR/A.....</u>	<u>3</u>
<u>ACERCA DEL TRABAJO FINAL.....</u>	<u>3</u>
<u>DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD O IDEA.....</u>	<u>3</u>
<u>BENEFICIARIOS / CLIENTES / USUARIOS.....</u>	<u>3</u>
<u>PRODUCTO/S O ENTREGABLE/S RESULTANTE/S.....</u>	<u>3</u>
<u>ESQUEMA PRELIMINAR DE LA SOLUCIÓN.....</u>	<u>3</u>
<u>GRADO DE AVANCE DEL TRABAJO FINAL.....</u>	<u>3</u>

Acerca del Equipo

Integrantes

Sebastián Allende:

Diseñador de sistemas electrónicos.

2016-2021 Cofundador de InnovarGroup-MDP.

Diseño en electrónica.

2012-2016 Técnico electrónico, servicios de reparaciones y diseño a demanda.

Director/a

Liberatori, Mónica Cristina. Docente e investigadora de la **UNMDP-FI**.

Co-Director/a

A determinar.

Acerca del Trabajo Final

Descripción de la necesidad o idea

La empresa **InnovarGroup-MDP** ante la necesidad de un cliente y una oportunidad de negocios en base a las necesidades de las empresas del sector de servicios públicos, se requiere una plataforma **propietaria** que brinde servicios de monitoreo en equipos electrónicos remotos para ambientes suburbanos, rural e industrias de espacios abiertos.

Se determinaron los requisitos básicos para establecer una red de **monitores** inalámbricos. Los dispositivos finales desplegados en campo deberán presentar características **generales** mínimas y comunes que permitirán su uso en aplicaciones similares en las industrias como objetivo de la solución. Esto determinará una reducción del **costo** con un dispositivo común para diferentes ámbitos. La adición de diseñar con componentes y métodos de fabricación dentro del estándar de manufactura electrónica, contribuirá en la disponibilidad y el costo.

La reducción del costo permite suponer que existirá la posibilidad de brindar servicio de monitoreo con entrega de equipos en condición de comodato, una característica que diferenciará de la oferta y los competidores.

Ante la necesidad de bajar el costo operativo y de servicio posventa, se diseñará un dispositivo de funciones básicas integradas con capacidad de autonomía de 3 años.

Necesidades clave:

Bajo **costo**.

Dispositivo **propietario**.

Funciones básicas **integradas**.

Autonomía.

Beneficiarios / Clientes / Usuarios



Los destinatarios que reciben el servicio de monitoreo se conforman en dos principales grupos.

**Cooperativas de servicios públicos.
Establecimientos de actividades agrícolas.**

En el caso particular atención es la prestación del servicio a la **Cooperativa de La Laguna de Sierra de los Padres** para monitorear el servicio público de electricidad domiciliaria.

Producto/s o entregable/s resultante/s

Como resultado de la finalidad del servicio de monitoreo, se entrega un **pequeño dispositivo** que comunica con otro dispositivo o sistema de aplicación específica del cliente.

El dispositivo **entregable** es capaz de adquirir y enviar datos de forma inalámbrica. A su vez recibe comandos de manera remota y realiza acciones subordinadas.

El dispositivo es un **módulo stick**, placa de circuito impreso con componentes discretos montados. Cuenta con una bahía de comunicaciones serie. Se encuentra desprovisto de cobertura, caja o recinto contenedor **específico**.

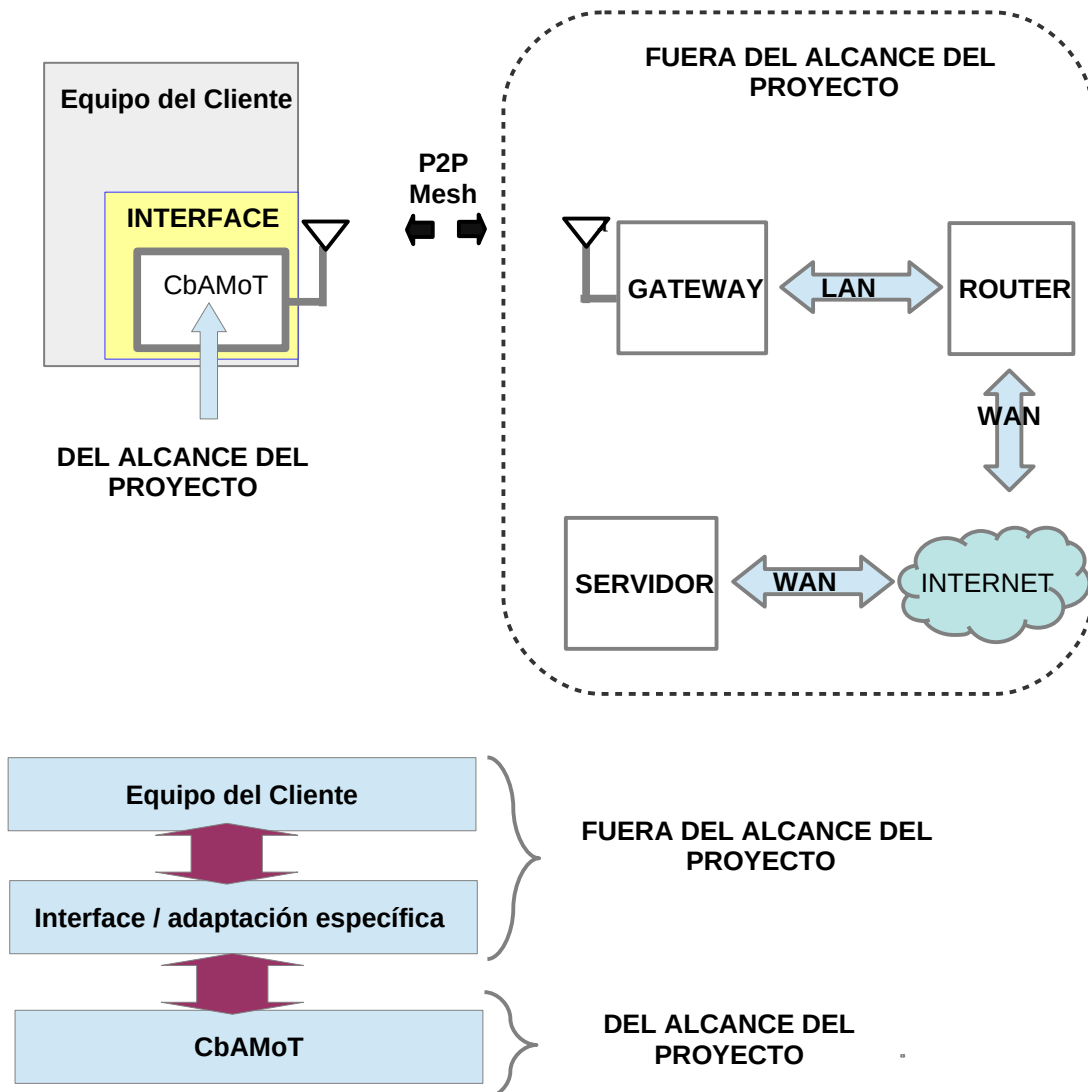
El módulo se ubica dentro o fuera del equipamiento a monitorear, el modulo puede requerir una interface o etapa de adaptación mínima que auspicie de mediador dependiente de las restricciones y posibilidades de la aplicación instalada en campo.

El dispositivo se denomina **CbAMoT**.

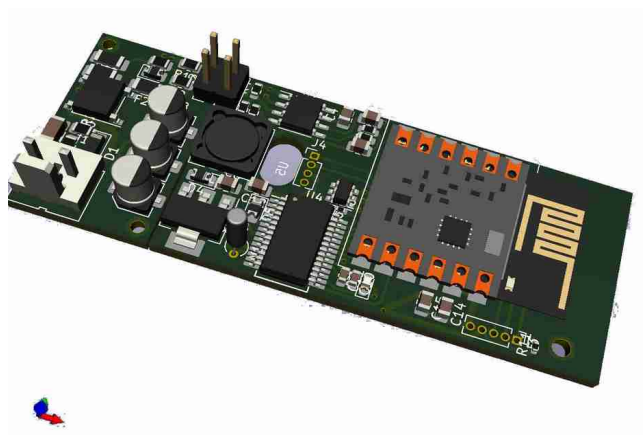
Se encuentra fuera del alcance de este proyecto el desarrollo de interfaces y adaptaciones pertinentes entre el modulo **CbAMoT** y las aplicaciones específicas de los clientes por resultar críticas en la diferenciación entre la oferta de los competidores, se reservara esta información y solo de demostrara el desempeño del método no revelado utilizado.

Se determina **entregable** a la finalidad o propósito del proyecto final. El alcance del marco de proyecto final se limita al **dispositivo para pruebas de rendimiento en campo** el la aplicación del cliente y **no** el dispositivo **con fines comerciales** que requerirán etapas adicionales tales como conformación marco legal y fiscal de la empresa, certificación, financiación, calidad, pruebas de estrés, adaptación con fines de manufactura de escala, ajuste de diseño por reemplazo de insumos y requerimientos adicionales del cliente, determinación de proveedores y logística, planes de contingencias e imprevistos, planeamiento de la producción.

Esquema preliminar de la solución



Aspecto del modulo **CbAMoT Rev.0.1**



Grado de avance del Trabajo Final

El proyecto lleva 3 años de desarrollo de forma interrumpida.

Se implementaron 4 diferentes alternativas (**A, B, C ,D**) para la solución del problema .

En promedio **9 meses** de desarrollo por cada enfoque de solución.

Lo expuesto en adelante es la alternativa **A**, se encuentra con más avance y mayor disponibilidad de recursos.

El estudio y desarrollo de las restantes alternativas siguen en curso.

Primeras pruebas:

Se implemento un equipamiento básico para realizar pruebas.

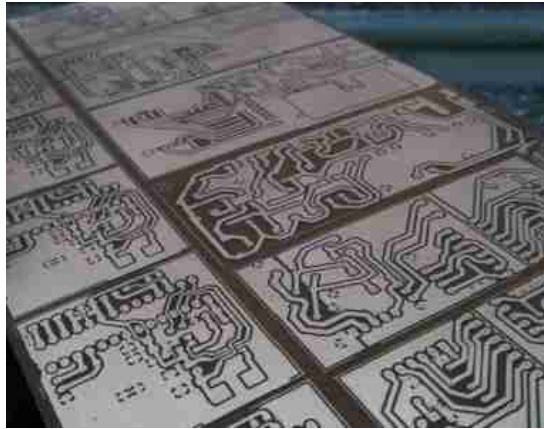


Figura 1 :
pcb de equipos de prueba

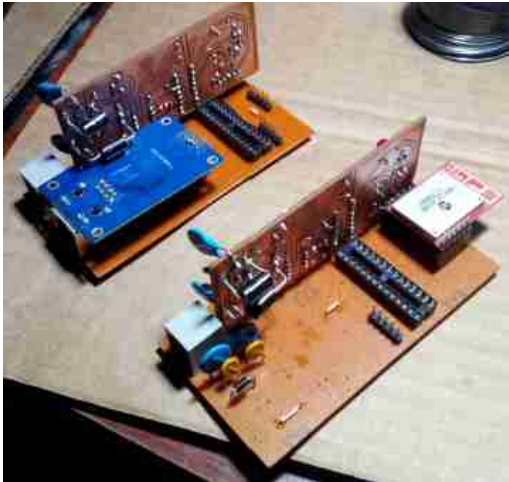
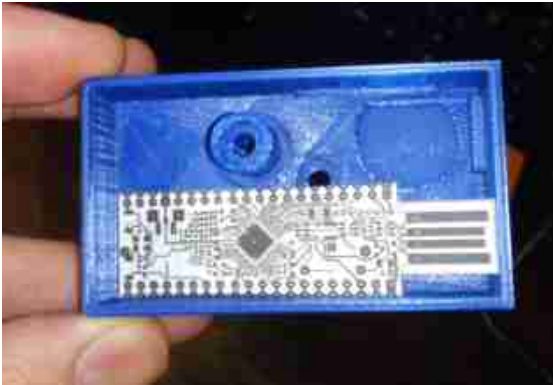


Figura 2:
1º Mote pruebas remotas

La figura 2 muestra el primer esquema básico de prueba de la aplicación firmware, la fuente de alimentación y así como el consumo en largos periodos de tiempo.

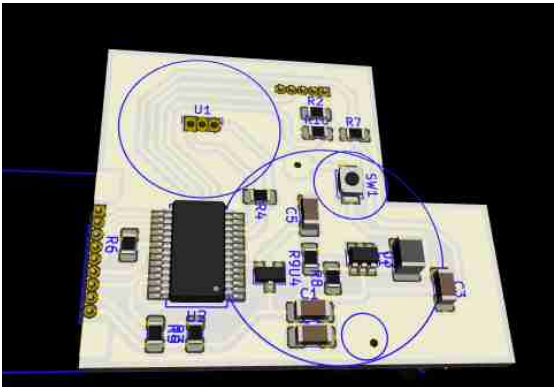
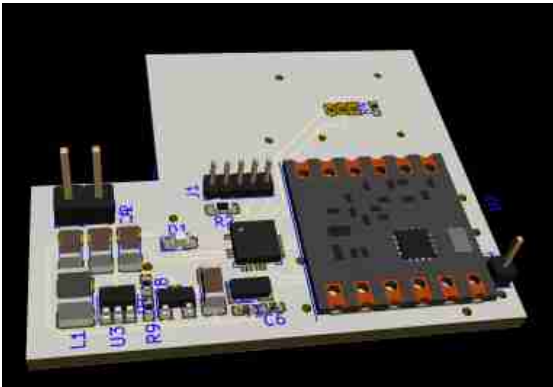


En una primera instancia se opto por desplegar el **punto de acceso** elevado y distante del **Gateway**, comunicados mediante pila de protocolo **modbus** y físicamente conectados por **RS-485** con placas aisladas por opto-acopladores y protecciones contra descargas atmosféricas. Se descarto la anterior configuración para utilizar un medio físico de fibra óptica en la siguiente versión, dejando precedente la comunicación **RS-485** del **Gateway** con equipos como **PLCs**. Figura 3.

	
<p>Figura 3: Gateway y PA.</p>	<p>Figura 4: Contenedor funcional.</p>

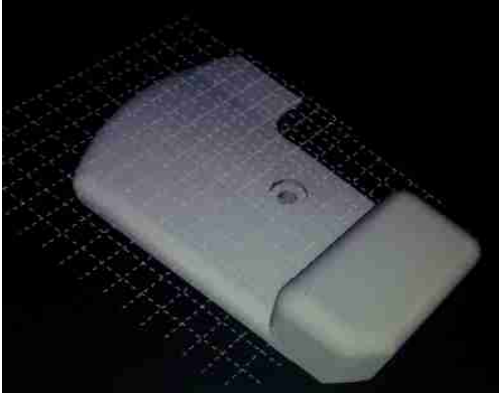

La figura 4 muestra la caja contenedora para una aplicación particular, que permitió ser modelo base para el desarrollo de mejoras.

Las figuras 5 y 6 muestran los equipos para pruebas en campo y diseño de manufactura smd.


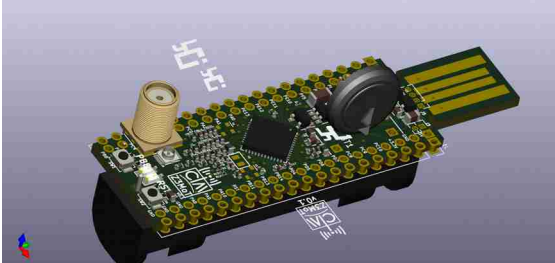
	
<p>Figura 5: Mote 8 bits 2,4GHz.</p>	<p>Figura 6: Mote 8 bits LoRa.</p>



Figuras 7 y 8 muestran el contenedor terminado para una aplicación particular. Como estrategia se dejo de lado a este potencial cliente que atravesaba dificultades organizacionales.

	
Figura 7: Diseño Contenedor	Figura 8: Contenedor terminado

La búsqueda de ampliar la cobertura y el alcance de los módulos adicionando capacidades de procesamiento en el **EDGE**, se desarrollo una versión en base soluciones integradas con arquitectura de 32 bits en el estándar **ARM Cortex M0+** integrados con periférico transceptor sintonizable en un amplio ancho de banda y cumple con norma **IEEE 802.15.4g**. Figura 9 y 10.

	
Figura 9: Mote 2,4GHz.	Figura 10: Mote SoC ARM M0+.

Las figuras 11 y 12 muestran el concepto de **stick** como módulos genéricos de 8 bits para diversas aplicaciones, ambos cuentan con capacidades **bootloader** remoto, grandes tiempos de autonomía, bajo consumo y almacenamiento de datos en memorias volátiles de gran profundidad.

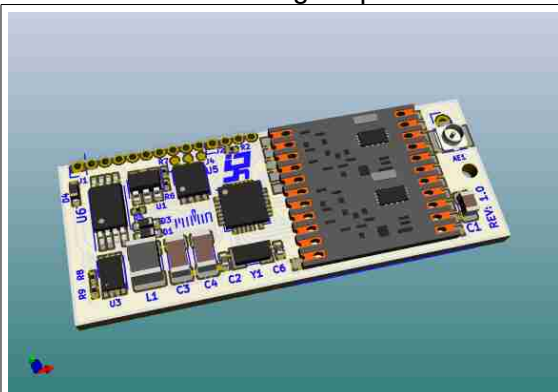


Figura 11:
Mote Stick LoRa Booteable.

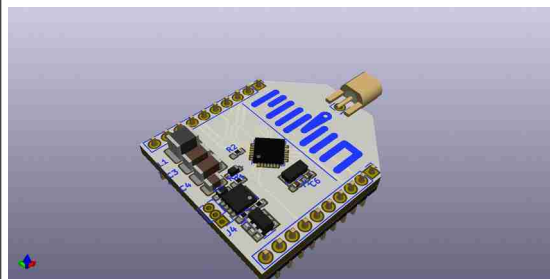


Figura 12:
Mote XLoRa Booteable.

Las figuras 13 muestra el banco de pruebas sobre la aplicación del cliente, consta de un medidor de consumo domiciliario de potencia eléctrica analógico **clase 2**, la placa de pruebas es una **explorer16** de **MCHP** correntio una aplicación en **Dspic33**. La figura 14 muestra la señal adquirida a máximo consumo tolerable por del medidor **60A**, $\omega_r = 2\pi \cdot 1,6 \text{ rad/s}$.



Figura 13:
Banco de prueba.

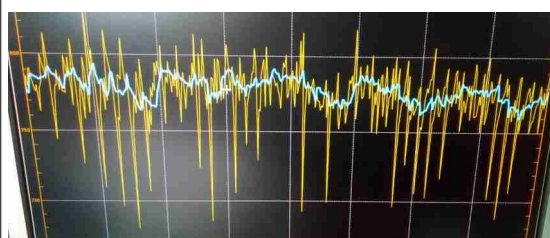
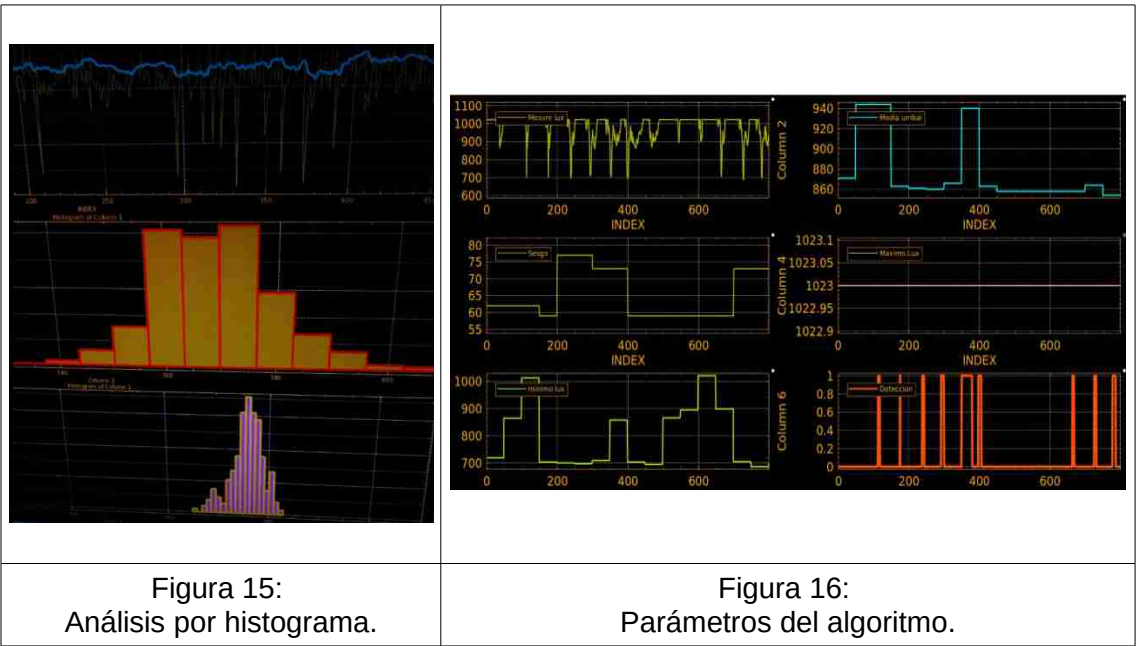
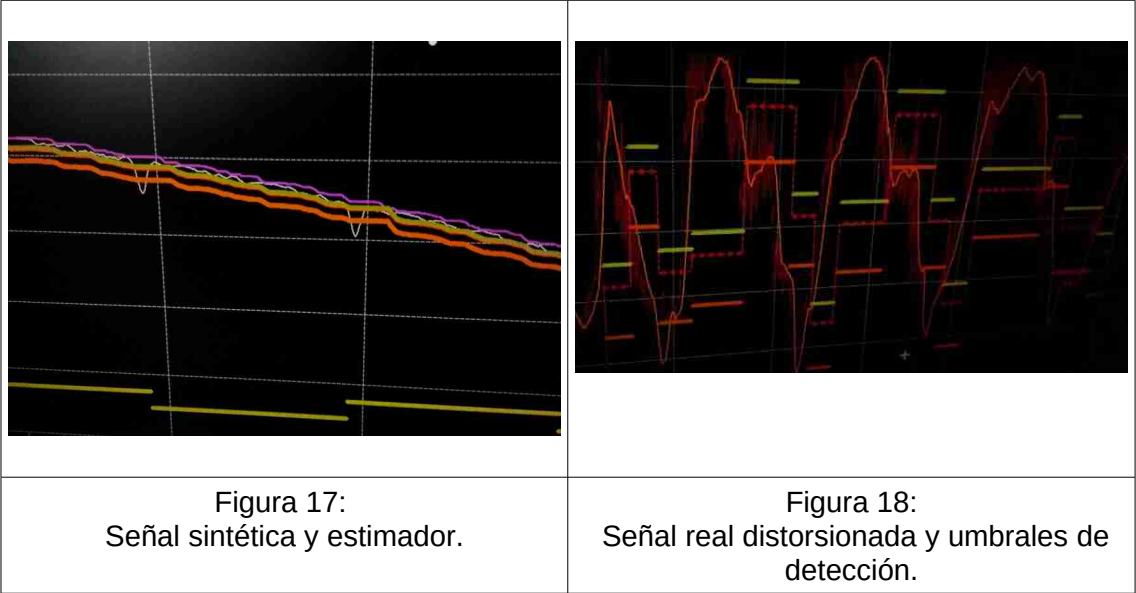


Figura 14:
Señal resultante.

La señal debe ser procesada en el **EDGE**, por lo cual se debe realizar un estimador de medición real del instrumento en base a la señal adquirida. La figura 15 muestra el resultado del procesamiento de los datos en el **Dsp** y la figura 16 detalla los parámetros calculados y la sintonización del algoritmo de detección en base a **PLL** de parámetros dinámicos (variaciones frecuencia central) y frecuencia de muestreo variable (restricción de memoria) que permiten detectar la medición desde 0,18KW/h mes hasta el máximo nominal del medidor.



Con el fin de determinar el algoritmo optimo despreciando los efectos propios del medidor físico, se sintetizo un **DDS** dentro del **DSPIC** para generar una señal similar a la real, Figura 17. Luego se impacto el algoritmo con una señal real de mayores distorsiones incorporadas por el método mecánico que propulsa la rueda del medidor analógico. El resultado fue satisfactorio, Figura 18.



El error teórico introducido se estima en 0,18KW/h por mes, para un domicilio base de 40KW/h por mes representa un error relativo de 0,47%. La mínima resolución del **estimador** de encuentra debajo del error del medidor **CLASE 1** para un consumo base.



El equipo encargado de brindar acceso a **internet** a la red de monitores es un **Gateway** embebido en microcontrolador **Pic18f**, Figura 19. El punto de acceso se encuentra embebido en el mismo microcontrolador, no se encuentre otro caso o appNote para esta familia de MCUs que despliegue esta solución conjunta. El **PA** inalámbrico de la red de monitores es un **Cape**, poncho, shield o placa de expansión que se adosa sobre el **Gateway**, este permite tener conectadas diferentes redes y con diferentes tipos de accesos al medio, distintas normas, Figura 20.

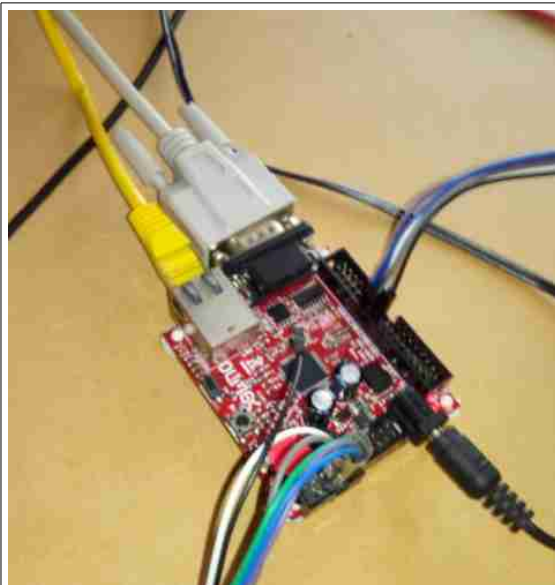


Figura 19:
Gateway.

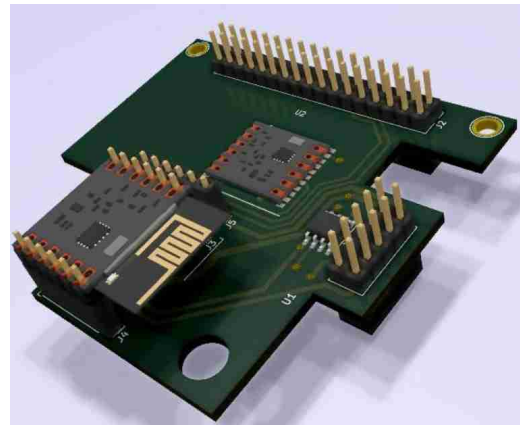


Figura 20:
Cape PA para LoRa y Mesh 802.15.4.

La Figura 21 muestra el formulario de pruebas de impacto en el servidor. La Figura 22 detalla una consola o terminal remoto (iframe) los resultados en el servidor, se observan las salidas para lotes de pruebas introducidas en el formulario.

[illegible]

Figura 21:
Formulario para ingreso de lotes de prueba.

```

1 Terminal (los datos se envían sin fórmula y se adquieren php://input RAW)
2
3 DUMP = string(17) "1d_GW-22P-2_Pass_Srv-2_Pass_GW-2_Secuencia-1" [1d_Srv-2_Tipo-1]
4
5 [1d_GW-2_Pass_Srv-2_Pass_GW-2_Secuencia-1] [1d_Srv-2_Tipo-1]
6
7 DUMP = array(1) [1d_GW-2_Pass_Srv-2_Pass_GW-2_Secuencia-1 => int(1) [1d_Srv-2 => int(2) [1d_Tipo-1 => int(3)]
8
9
10 2221280 se han recibido TODOS los datos
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003

```

Figura 22:
Resultado de una prueba en el formulario.



La Figura 23 muestra la captura de paquetes para la prueba de pila de protocolos embebida en el **Gateway** durante el impacto en el servidor. La Figura 24 detalla el diagrama entidad-relación de la estructura B.D.



Figura 23:
Gateway.

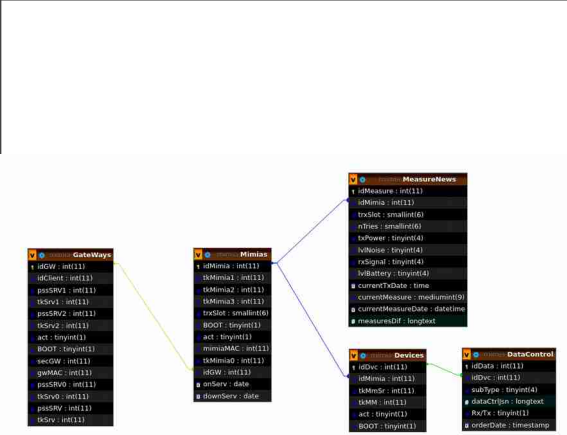


Figura 24:
Cape PA para LoRa y Mesh 802.15.4.

La Figura 24 muestra los contenedores del **Monitor** y del **Gateway** (orden descendente y distinta escala). En la Figura 25 se observan los PCBs de los dispositivos de pruebas en campo.



Figura 24:
Cajas de equipos.



Figura 25:
Pcbs.

Etapas cumplidas:

Determinación de tecnología.
Determinación de componentes.
Determinación de interfaces.
Determinación de estructura de firmware.
Determinación de aspectos físicos y mecánicos.
Determinación de lotes de pruebas estáticas y dinámicas.
Elaboración del firmware.
Simulaciones de sistemas analógicos y de control.
Prototipo funcional supera lotes de pruebas dinámicas, cobertura de código y métricas de rendimiento.
Diseño de circuito impreso de producto mínimo viable.
Fabricación de PCB.
Adquisición 90% de materiales e insumos. Costo aproximado US\$400 (**Opción A**).
Pruebas sobre gateway y red.
Desarrollo de API en servidor remoto.
Desarrollo de aplicación de administración de usuarios y equipos.
Pruebas sobre gateway y servidor.